

(MEMORIAL DE CÁLCULO)

SUMÁRIO

1.	DESCRIÇÃO DO PROJETO	2
2.	NORMAS ADOTADAS	2
3.	PROGRAMAS UTILIZADOS	2
4.	MATERIAIS	2
5.	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	3
6.	PARÂMETROS PARA DURABILIDADE	3
7.	SISTEMA ESTRUTURAL	3
8.	FUNDAÇÕES E ARRIMOS	4
9.	DEFORMAÇÕES LIMITES	5
10.	AÇÕES CONSIDERADAS	5
11.	PONDERADORES DE AÇÕES E RESISTÊNCIAS	7
12.	ESCORAMENTOS E RETIRADA DAS FÔRMAS	7
13.	CONSIDERAÇÕES PARA A NORMA DE INCÊNDIO ABNT NBR 15200	8
14.	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS	8

1. DESCRIÇÃO DO PROJETO

O presente memorial se refere ao projeto estrutural básico da estrutura em concreto pré-fabricado da Etapa 01 do Museu de Artes Visuais (MAV), localizado na UNICAMP, na cidade de Campinas-SP. O cliente desse projeto é a Coordenadoria de Projeto e Obras da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). A coordenação do projeto arquitetônico é de responsabilidade do arquiteto Caio Graco.

A obra consiste de uma edificação de dois andares com a finalidade de servir de museu para exposições para artistas plásticos e afins.

A estrutura foi concebida em concreto pré-fabricado com o sistema estrutural de lajes alveolares, lajes de vigotas protendidas, vigas protendidas, painéis e pilares fixados a fundação por meio de cálices nos blocos moldados no local (in loco) sobre estacas metálicas. Todos estes itens mencionados devem possuir controle de qualidade compatível com os requisitos de qualidade requeridos pela Coordenadoria de Projeto e Obras da referida universidade, além dos requisitos de qualidade da ABNT NBR 9062.

O projeto geotécnico previu a utilização de blocos sobre estacas metálicas com base na sondagem realizada pela empresa AÇÃO ENGENHARIA Ltda, em 23 de março de 2011. As cargas estruturais e geotécnicas devem ser respeitadas de acordo com as definições especificadas no projeto.

A estrutura conta com vãos da ordem de 15 metros para serem vencidos por lajes alveolares (H32). Além disso, lajes alveolares no plano inclinado para servir de cobertura.

Cabe ressaltar que este memorial somente contempla o projeto básico da estrutura pré-fabricada, das fundações e estruturas de fundações, cabendo a empresa contratada o projeto e dimensionamento da estrutura em concreto pré-fabricado.

2. NORMAS ADOTADAS

Este projeto deve estar em acordo com as prerrogativas da NBR 6118:2003. Ainda, foram levadas em consideração:

- NBR 6120:1980 (Cargas para o cálculo de estruturas de edificações);
- NBR 6122:2010 (Projeto e execução de fundações);
- NBR 6118:2003 (Projeto de estruturas de concreto);
- NBR 9062:2006 (Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado)
- NBR 6123:1988 (Força devido ao vento nas edificações).

3. PROGRAMAS UTILIZADOS

O programa utilizado para a elaboração desse projeto foi o TQS®, licenciado para uso por esta equipe, além de planilhas de cálculo.

4. MATERIAIS

Os materiais adotados para esse projeto são mostrados a seguir:

- Para a estrutura em concreto pré-fabricado, foi especificada a resistência mínima à compressão de 45MPa aos 28 dias. Com base na classe de agressividade ambiental II, os cobrimentos mínimos adotados foram os especificados pela ABNT NBR 9062, para vigas, lajes alveolares, painéis e pilares;
- Para a estrutura em concreto armado(moldado no local), no caso, blocos sobre estacas, vigas-baldrame, lajes maciças para espelho d'água, foi especificada a resistência à compressão de 40MPa aos 28 dias. Com base na classe de agressividade ambiental II, os cobrimentos mínimos adotados foram de 25 mm para lajes e vigas e 30 mm os pilares. Nas vigas-baldrame foi adotado um cobrimento igual a 40 mm, sendo o mesmo adotado para os blocos sobre estacas;

- Para os blocos sobre estacas foi especificada a resistência à compressão do concreto de 40MPa aos 28 dias;

5. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os documentos de referência utilizados para elaboração desse projeto foram:

- Diretrizes para elaboração de projetos com base nas especificações conforme fornecido pela própria entidade;
- Projeto arquitetônico fornecido pelo arquiteto responsável;
- Sondagem fornecida pelo cliente para projeto geotécnico das estacas, o qual deverá ser comprovado no local da obra por equipe especializada de modo a garantir a capacidade geotécnica, dimensões, comprimento de fuste e posição das mesmas.

6. PARÂMETROS PARA DURABILIDADE

Para garantir a durabilidade da estrutura em concreto armado, a NBR 6118:2003 estabelece cobrimentos mínimos para as armaduras conforme a classe de agressividade ambiental ao qual a estrutura está exposta.

A partir das informações fornecidas pelos responsáveis pela utilização do museu e pelo projeto arquitetônico, determinou-se que a classe de agressividade ambiental para a edificação igual a II, o que, segundo a Tabela 6.1 da NBR 6118:2003, que corresponde a uma agressividade urbana

7. SISTEMA ESTRUTURAL

O sistema estrutural foi concebido conforme as especificações do projeto.

O sistema de lajes considerado foi o de lajes alveolares protendidas pré-fabricadas, sendo que a altura das lajes variou conforme suas ações e vãos-livreexistentes.

O sistema de cobertura requerido foi de telhas metálicas apoiadas sobre terças metálicas sobre as lajes alveolares protendidas pré-fabricada. Nesse caso, foi fornecido o projeto básico do plano da cobertura (ver projeto arquitetônico), ficando os detalhamentos das ligações sob a responsabilidade do fabricante dos perfis.

As escadas foram concebidas em estrutura metálica, ficando fora do escopo deste memorial.

Com relação aos elevadores, estes foram concebidos com capacidade para 4 passageiros, sendo que somente um elevador é em concreto armado, e os demais (dois) em estrutura metálica, ficando estes últimos fora do escopo deste memorial.

De posse dessas informações, foi elaborado um sistema de grelha de vigas e lajes, apoiadas em pilares e fundações em concreto armado, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Sistema estrutural adotado para cada pavimento.

Nível	Pavimento	Sistema estrutural
-142 cm	Fundação/poço do elevador	Grelha de vigas
+003 cm	Fundação/térreo	Grelha de lajes
+423 cm	1º. Andar	Grelha de lajes
+838 cm	Cobertura	Grelha de lajes

O pré-dimensionamento dos elementos estruturais pré-fabricados (vigas, lajes alveolares, painéis e pilares) levou em consideração uma análise por pórtico espacial com os esforços oriundos da análise por grelha de cada pavimento. Cabe ressaltar que a estrutura fora analisada com ligações viga-pilar do tipo articulada.

De acordo com as diretrizes do Cliente, foi especificada uma sobrecarga acidental (ação variável) de 3,5 kN/m² nas lajes, com exceção das lajes de cobertura do galpão, onde foi especificada sobrecarga acidental de cobertura, conforme a ABNT NBR 6120.

Vale salientar que o projeto dos elementos estruturais pré-fabricados deverão ser fornecidos pelo fabricante do elemento (tanto armadura positiva quanto a armadura negativa para as lajes), sendo esta responsabilidade a cargo da empresa construtora, isentando os engenheiros estruturais deste projeto de quaisquer responsabilidades.

8. FUNDAÇÕES E ARRIMOS

Em função do relatório de sondagem enviado do pela empresa AÇÃO ENGENHARIA Ltda., aos vinte e oito dias do mês de março do ano de dois mil e onze, determinou-se o sistema de fundação em estacas metálicas. Foram apresentados quatro furos de sondagem a percussão: SP.01; SP.02; SP.03 e SP.04.

Em virtude dos perfis de sondagens apresentados pela empresa AÇÃO ENGENHARIA Ltda, verifica-se a possibilidade de utilização dos seguintes sistemas de estacas: Estacas com hélice contínua monitorada, estacas pré-moldadas de concreto e estacas metálicas.

Com relação as estacasdo tipo hélice contínua monitorada, constatou-se que a capacidade de carga geotécnica, calculada por meio de processos semi-empíricos (Aoki - Velloso (1975) e Décourt-Quaresma (1978) – ver Cinta, J. C. A.; Aoki, N. Fundações por estacas, projeto geotécnico. Oficina dos textos, 2010) permitidos pela NBR 6122:2010 – Projeto e execução de fundações, apresentou pequena capacidade de carga. Esse fato ocorreu, pois neste tipo de estaca, há recomendações para que a resistência da ponta não seja considerada de forma integral, sendo o atrito lateral o principal mecanismo de transmissão de forças para o solo. Como as estacas tipo hélice contínua podem ser utilizadas para número de golpes do impenetrável igual a $20 < N_{spt} \leq 45$, o comprimento do fuste fica estimada entre 6 m e 9 m.

Sendo assim, o número de estacas necessário por pilar, para garantir a transmissão dos esforços atuantes na base dos pilares junto às fundações, foi excessivo, o que inviabilizou este sistema de fundação.

As alternativas ficaram entre as pré-moldadas de concreto e os perfis metálicos. Como relatório de sondagem SP.03 apresenta na cota – 100,19 m, NSPT igual a 19 golpes, há possibilidade de quebra a estacapré-moldada durante o processo de cravação, para estacas com diâmetros inferiores a 30 cm.

Sendo assim, a alternativa viável tecnicamente foram as estacas metálicas, que permitem cravação até NSPTs da ordem de 55 golpes.

Portanto, definiu-se o sistema de fundação em estacas metálicas, com fuste mínimo de 9m, até ser atingida a NEGA.

Vale salientar que a profundidade da camada de aterro mostrada na sondagem não deverá ser considerada no calculado comprimento do fuste da estaca tipo hélice contínua. A Tabela 2 apresenta um resumo das estacas utilizadas.

Tabela 2 - Resumo das estacas utilizadas.

PERFIL (cm)	Fuste (m)	Carga admissível (kN)
W250x38,5	7 a 9	- 140
W310x52	7 a 9	- 180
W460x74	7 a 9	- 270
W610x113	7 a 9	- 530
W610x174	7 a 9	- 570

9. DEFORMAÇÕES LIMITES

As deformações limites foram estabelecidas de modo a manter a funcionalidade da estrutura durante as ações de serviço. A Tabela 3 mostra os limites de deformabilidade estabelecidos.

Tabela 3. Limites para deformação (NBR 6118:2003).

Elemento	Sistema estrutural
Vigas	Vão/250
Lajes	Vão/250

Com relação à estabilidade global da estrutura, foi determinado que o coeficiente γ_{z} obteve valor inferior a 1,02 (NBR 6118:2003) e o parâmetro α com valor de referência inferior a 0,82. Os limites de deformação lateral da edificação foram os mesmos estabelecidos na referida norma onde o deslocamento do topo do edifício deverá ser inferior a $H/1700$ ou $H_i/850$ (para o caso de desaprumo entre pavimentos), sendo "H" a altura total do edifício e "H_i" o pé-direito entre pavimentos.

Esses limites foram estabelecidos pela NBR 6118:2003 para a estrutura em concreto armado, sendo estes valores respeitados em todo o dimensionamento, incluindo na análise a deformação lenta do concreto.

Os valores para o coeficiente γ_z e o parâmetro α para os Bloco 1 e Bloco 2 podem ser vistos na Tabela 4.

Tabela 4. Parâmetros de estabilidade global para os Blocos 1 e 2.

Vento	γ_z	α	Comb. ELS (0.3 vento) – Desloc. do topo	Comb. ELS (0.3 vento) – Desloc. entre pavimentos
EDIFÍCIO 02				
0°	1.03	0.48	0.14 cm	0.06 cm
90°	1.08	0.76	0.30 cm	0.13 cm
180°	1.03	0.48	0.14 cm	0.06 cm
270°	1.08	0.76	0.30 cm	0.13 cm

Com relação aos deslocamentos no topo do edifício e entre pavimentos, o valor limite estabelecido de 0.74 cm ($H/1700$) foi respeitado, pois o valor obtido na estrutura chegou a 0.30 cm ($H/4145$). O mesmo valeu para a deslocabilidade entre pisos, que chegou a 0.13 cm ($H_i/2843$) com valor limite de 0.45 cm.

10. AÇÕES CONSIDERADAS

As ações existentes foram consideradas em função da forma de utilização da estrutura, tipos de materiais utilizados para vedação/fechamento e ações especiais especificadas pelo cliente.

Assim, as ações consideradas para a estrutura em concreto armado foram: o peso-próprio do elemento, a alvenaria de embasamento e a alvenaria de vedação (interna e externa) de blocos cerâmicos com espessura definida de 14 e 19 cm (cuja posição varia em função da espessura da viga de apoio), revestimentos (para as lajes, para todas as áreas de uso, piso cerâmico com espessura de 10 mm assentados em argamassa de cimento e areia com espessura de 5 mm).

A Tabela 5 mostra o peso específico dos materiais de construção, de acordo com a NBR 6120:1980.

Tabela 5. Peso específico dos materiais de construção (Fonte: NBR 6120:1980).

Material	Peso específico aparente (kN/m ³)
BLOCOS ARTIFICIAIS	
Blocos Lajotas cerâmicas	18
Blocos de argamassa	22
Tijolos furados	13
Tijolos maciços	18
Tijolos sílico-calcareos	20
REVESTIMENTOS E CONCRETOS	
Argamassa de cal, cimento e areia	19
Argamassa de cimento e areia	12,5
Concreto simples	24
Concreto armado	25

A Figura 1 mostra as isopletras para velocidade básica do vento com base na ABNT NBR 6123.

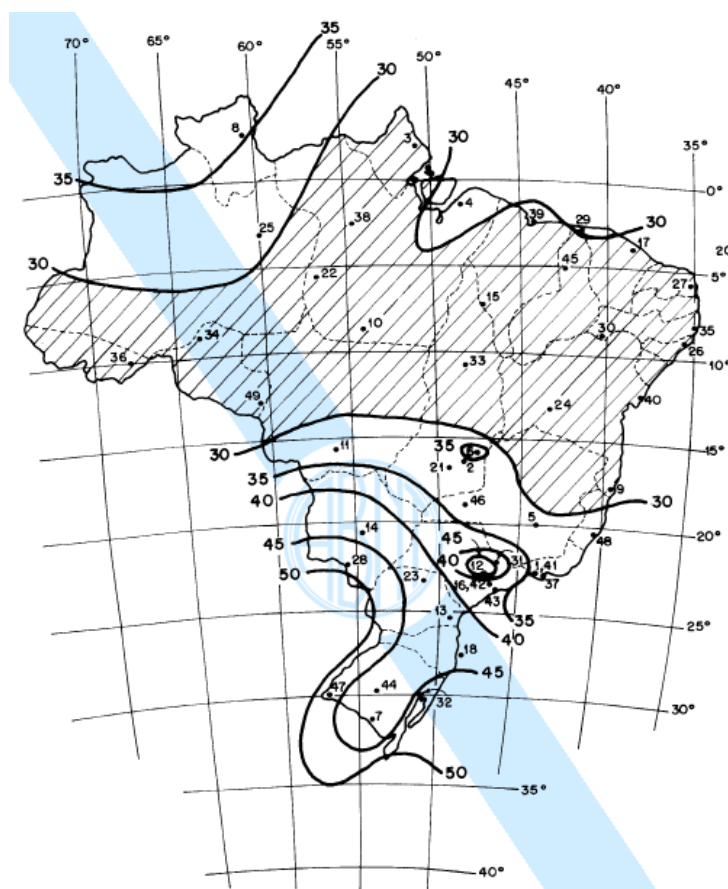


Figura 1. Isopletras da velocidade básica V_o (m/s) (Fonte: NBR 6123:1988).

A velocidade básica do vento foi tomada de acordo com as isopletras ilustradas na NBR 6123:1988 (Figura 1), sendo que a velocidade básica (V_o) adotada foi de 45 m/s, com os seguintes coeficientes $S_1 = 1,0$ (fator do terreno); $S_2 = 1,02$ (categoria de rugosidade II e classe da edificação B); $S_3 = 1,0$ (edificações de uso geral).

O coeficiente de arrasto da estrutura foi calculado de acordo com os ábacos fornecidos pela NBR 6123:1988. A Figura 2 mostra o ábaco de cálculo do coeficiente de arrasto para edificações paralelepípedicas em vento de baixa turbulência.

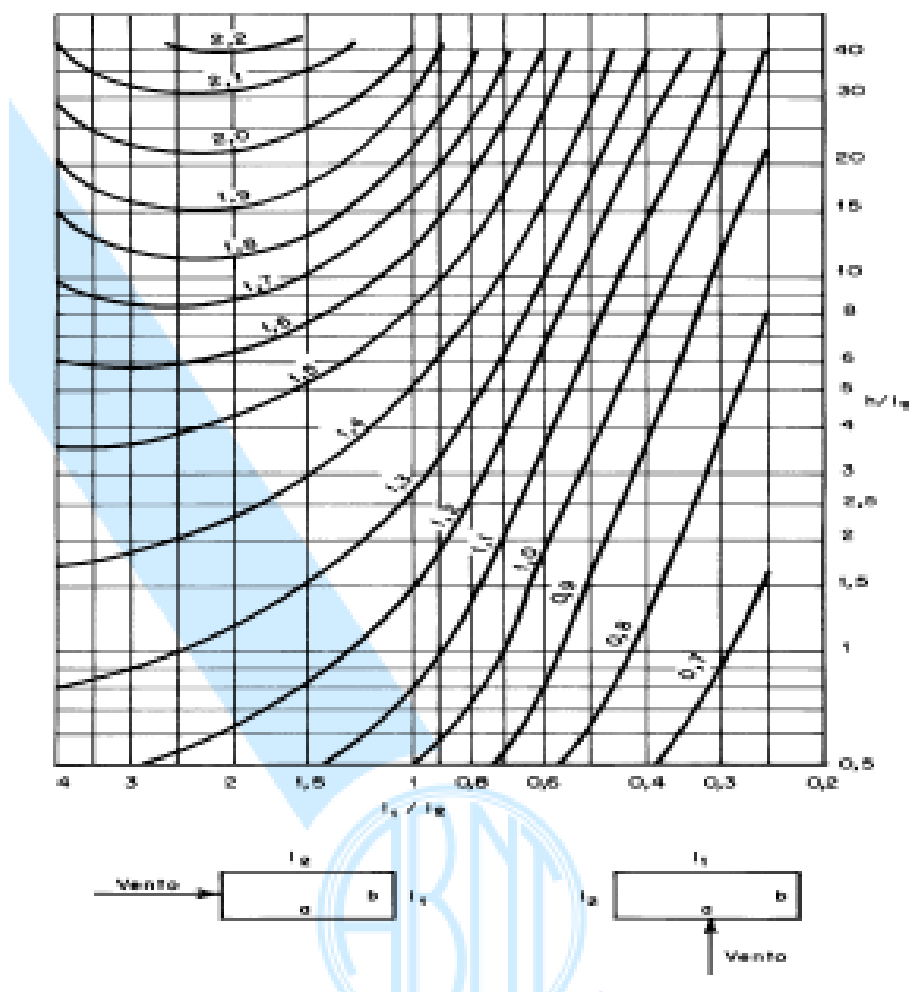


Figura 2. Coeficiente de arrasto para edificações paralelepípedicas em vento de baixa turbulência (Fonte: NBR 6123:1988).

De acordo com as dimensões da edificação foi verificado que, em ambos os prédios, o coeficiente de arrasto para o vento nas direções 00 e 1800 estariam fora do domínio do gráfico da Figura 2 e, por isso, foi adotado valores iguais a 0.70 e para as direções 90° e 270°, o mesmo seria adotado.

11. PONDERADORES DE AÇÕES E RESISTÊNCIAS

Os ponderadores de ações e resistências são utilizados para dimensionamento no Estado Limite último (ELU). A Tabela 6 ilustra os valores adotados.

Tabela 6. Majorados de ações e minoradores de resistência.

Ponderador	Valor	Descrição
γ_f	1,4	Majorador de ações (concreto armado)
γ_c	1,4	Minorador de resistência do concreto
γ_s	1,15	Minorador de resistência do aço

12. ESCORAMENTOS E RETIRADA DAS FÔRMAS

Os escoramentos, bem como as fôrmas, deverão ser retirados após 28 dias de concretagem do elemento estrutural.

A distância entre escoras de apoio das fôrmas não é de responsabilidade deste projeto estrutural, onde os espaçamentos e os possíveis contraventamentos dos escoramentos deverão ser realizados por profissionais competentes e devidamente qualificados, sendo esta responsabilidade a cargo da construtora.

13. CONSIDERAÇÕES PARA A NORMA DE INCÊNDIO ABNT NBR 15200

Para a consideração da estrutura em situação de incêndio, adotou-se o Grupo "F-1" de edificação para locais de reunião destinados ao público com altura superior a 6 m e inferior a 12 m, resultando em um TRRF (Tempo Requerido de Resistência Ao Fogo) igual a 60 minutos, de acordo com a ABNT NBR 15200 e ABNT NBR 14432.

14. CONSIDERAÇÕES SOBRE OS ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS

Com relação aos elementos pré-fabricados, o projeto apresentado consiste de desenho básico das fôrmas estruturais para a edificação. A mesma deverá ser calculada, dimensionada e detalhada de modo a atender os requisitos normativos presentes na ABNT NBR 6118, ABNT NBR 9062 e suas normas complementares.

A execução dos elementos pré-fabricados deverá obedecer rígidos padrões de qualidade e de tolerância dimensional de acordo com a ABNT NBR 9062 e suas normas complementares, bem como junto ao Selo de Qualidade da ABCIC (Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto).

O projeto básico apresentado poderá sofrer alterações de acordo com a empresa contratada para fornecer os elementos pré-fabricados, o que significa que todos os projetos apresentados (fundações e estruturas de fundações) deverão ser refeitos sob a exclusiva responsabilidade da empresa fornecedora dos elementos pré-fabricados.